

溶鋼の強攪拌多目的精錬炉の開発に関する研究

著者	杉浦 三朗
号	795
発行年	1985
URL	http://hdl.handle.net/10097/11744

氏 名	すぎ 杉 浦 三 郎
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 60 年 10 月 9 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭和 38 年 3 月 名古屋工業大学金属工学科卒業
学 位 論 文 題 目	溶鋼の強攪拌多目的精錬炉の開発に関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 徳田 昌則 東北大学教授 大谷 正康 東北大学教授 萬谷 志郎

論 文 内 容 要 旨

近年、炉外精錬設備の普及は目覚しく、電気炉特殊鋼の分野では、AF-LF-RH-CC が量産プロセスとして定着しつつある。しかしながら一方、“重厚長大から軽薄短小へ”の言葉で示されるように、これからの鉄鋼材料に対する要求も個性化、多様化が進行し、高級鋼を中心に小ロット化は一層進むものと考えられる。

筆者は、このような状況を背景にして、比較的小量溶解（約 20 トン/ヒート以下）の高品質低合金鋼，鋳鋼，高合金を対象とした精錬炉の開発を意図した。

小量溶解対象の精錬設備に求められる要件としては、(1)広い範囲の鋼および合金の精錬に対応できる多目的精錬設備であること、(2)工程を単純化し設備および処

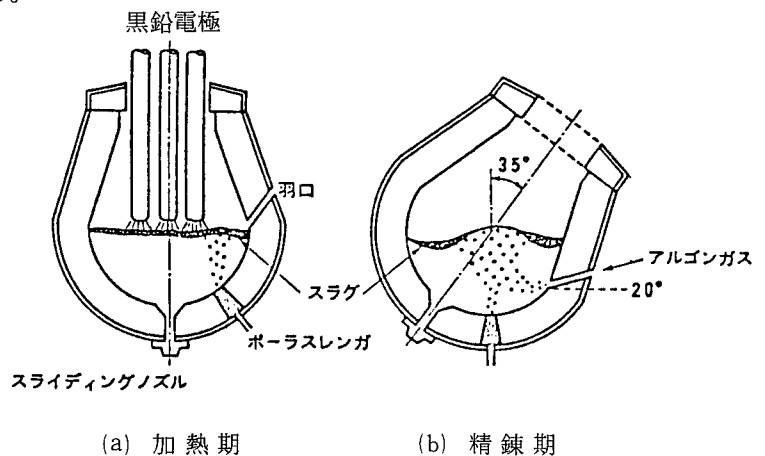


図1 3 ton 新精錬炉

理コストが安いこと、を挙げることができる。このような前提に立ち、新しい精錬設備の可能性について検討した結果、不活性ガスインジェクションにより、スラグーメタル反応と稀釈脱ガス反応を同時に進行させるプロセスに着眼した。

本論文は、容量3トンの新精錬炉（GRAF 炉）（図1）の仕様の設定から製造技術確立に至る開発の過程を述べている。

第1章序論では、上記にその概要を述べた通り、開発の意図、および経緯について記述している。

第2章では3トン新精錬炉の仕様を検討しているが、任意の炉容の場合にも応用できるように一般性を持たせた。

本章で得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 加熱時のアークフレアーによる耐火物の異常溶損を防止するには、耐火物溶損指数は最大でも50以下に抑えるべきであり、3トン炉ではこの値を21とした。
- (2) 精錬容器内溶湯の温度降下速度（熱放散速度）を、任意の炉容の場合について設定できる関係式を導いた。
- (3) 不活性ガス $0.2 \text{ Nm}^3/\text{min} \cdot \text{ton}$ のインジェクションを10分間実施すれば、 $[\text{H}]$ は4 ppm から約2 ppm まで、 $[\text{N}]$ は0.015% から0.010% まで脱ガスできることを計算から予測した。これらの値は真空処理代替機能として十分である。

第3章では3トン新精錬炉で肌焼鋼を中心に種々の実験を行い、冶金反応におよぼす諸要因の影響について、検討を加えている。本章の目的は本プロセスの製造技術を確立することが目的であるが、任意の炉容の新精錬炉を新たに設計する場合にも洞察がきくように注意を払った。本章で得られた結果を要約すれば以下の通りである。

- (1) 低酸素鋼を製造するためには、 $(\text{SiO}_2) < 10\%$ 以下の管理および耐火物の酸素ポテンシャル尺度として提案した I.O.P 値が-160 以下の耐火物の使用が肝要である。また攪拌力としては $700 \sim 1500 \text{ watt}/\text{ton} \cdot \text{m}^2$ 程度がよい。
- (2) 低硫鋼を製造するためには、スラグ中 (MgO) を低くすることが重要であることを平衡論的に指摘した。製造技術的には $(\text{MgO}) < 12\%$ の管理が必要である。なお脱硫速度は、ほぼ攪拌力に比例して増大する。
- (3) ガスインジェクションによる脱 $[\text{H}]$, $[\text{N}]$, $[\text{Pb}]$, $[\text{Zn}]$ の速度式を実験的に決定した。これらの式は第2章で求めた計算式とほぼ一致することを確認した。なお、脱ガス速度はガス吹き込み速度の $\frac{1}{2}$ 乗に比例する。

第4章では、本精錬炉の適用分野を具体的に考察し、これらの分野の代表実用材料として、低酸素肌焼鋼、42%Ni 合金、ステンレス鋳鋼を選び、これらの品質確性結果について述べている。

さらに、炉外精錬のコスト上重要な耐火物について、基礎試験に基づく、最適ゾーンライニング法の確立結果と、既存精錬設備とのトータルコストの比較も合せて行っている。本章で得られた結果のうち、本精錬炉で得られた肌焼鋼の成分的品位のみを、アーク炉精錬材と対比して、表1に示す。焼入性規格保証のために重要な成分コントロールと、ガスレベルに著しい効果が認められる。

表1 肌焼鋼における新精錬炉の効果

		()内サンプル数	
		アーク炉材	G R A F材
成分コントロール 精 度 (成品値－目標値) のバラツキσ	[C]	0.0106 (20)	0.0056 (8)
	[Mn]	0.0341 (20)	0.0064 (8)
	[Sol. Al]	0.0146 (20)	0.0067 (5)
[O] ppm		< 40 ppm	< 15 ppm
[H] ppm		~ 4 ppm	~ 2 ppm

第5章では、これまでの研究成果をまとめた総括である。なお将来の展望として、本精錬炉が原材料コストの高い高合金の歩留り向上を目的に、溶解・精錬の一元化のために使用されうる可能性を示唆している。

審 査 結 果 の 要 旨

近年の鉄鋼精錬技術の発展は生産性の向上と鋼材品質の高級化，安定化の要請を，真空脱ガス炉や各種炉外精錬炉の活用による反応装置の機能分化の方向で実現してきた。一方，高度工業化社会に特徴的な，数トン～20トン程度の特小ロット材の多様な需要が急速に拡大してきているが，少量処理となる程温度降下が大きく，成分変動が著しい上に設備費負担率が高くなるため，量産鋼と同様の製造システムの適用は困難となる。

著者は，かかる小ロット材溶解の問題を精錬機能の統合化により解決することを目指し，大量のガス吹込みに伴う強力な攪拌による脱ガスとスラグ精錬機能を備え，これに加熱機能を合わせ持つ特殊溶解炉を開発し，各種特殊鋼の合理的製造方法の確立に成功した。本論文は，その開発の成果を取りまとめたもので，全編5章より成る。

第1章は序論であり，本論文の背景と開発の意義および目的が述べられている。

第2章では，新精錬炉が備えるべき加熱機能と攪拌機能について基礎的検討を行い，その基本仕様を明らかにしている。即ち，小型炉での放熱特性とアーク加熱による昇温特性を基に，炉容に比しアーク径が過大なことによる炉壁損傷を回避しうる独特の形状を考案した。さらに，不活性ガス吹込みによる水素および窒素の脱ガス過程を基礎的に解明し， $0.2 \text{ Nm}^3/\text{t} \cdot \text{min}$ 以上の大量吹込みにより，真空処理に匹敵する脱ガス機能を付与し得るという有用な知見を見出している。

第3章では，新精錬炉において効果的なスラゲーメタル反応に関する基礎的知見を明らかにし，適正な耐火物とスラグ組成を決定している。脱酸に関しては，耐火物の酸素ポテンシャルを表わす指数を導入し，20 ppm 以下の極低酸素の達成条件を明らかにしている。又，脱硫に関しては，その容量係数がガス吹込み速度に比例することを見出し，強攪拌下におけるスラゲーメタル反応の促進効果を定量化して，設計，操業指針に導入している。

第4章では，開発した精錬炉を，低酸素肌焼鋼，42% Ni 合金，ステンレス鋳鋼に適用し，それらの技術課題と既存精錬設備と対比させたコスト削減の成果を考察している。特に，強攪拌による亜鉛や鉛成分の除去が容易となったために，スクラップの回収使用率が向上した事は，工業的に重要な成果である。

第5章は総括である。

以上要するに本論文は，高級鋼材の小容量溶解の技術的特殊性に着目し，強攪拌多目的精錬炉を利用する技術的，経済的に優れたプロセスの開発経緯を述べたもので，その成果は，金属工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。